BAB IV
PERHITUNGAN WAKTU PENGGUNAAN TC

4.1. Data Spesifikasi TC

Data spesifikasi TC yang digunakan pada proyek ini diperoleh dari brosur TC. Jenis TC yang digunakan adalah merek JIANG LU JL150 (Gambar 4.1) yang memiliki ketinggian maksimum 120 meter dengan panjang *jib* 50 meter dan merek RAIMONDI ER180 (Gambar 4.2) yang memiliki ketinggian maksimum 191,4 meter dengan panjang *jib* 60 meter.

Gambar 4.1. TC merek Jiang Lu JL150

Gambar 4.2. TC merek Raimondi ER180

Spesifikasi TC yang diperlukan sebagai data base adalah merek dan model TC, panjang jib, kecepatan *hoist*, *swing*, dan *trolley*.

a. Merek dan model TC

Data merek dan model TC adalah sebagai *input* untuk bisa memilih jenis TC yang akan digunakan. Apabila merek TC tidak tercantum dalam *data base*, bisa ditambahkan spesifikasi TC yang baru.

b. Panjang *jib* TC

Data panjang *jib* TC adalah sebagai batasan area bangunan yang bisa dilayani oleh TC, sesuai merek TC yang telah dipilih. Apabila koordinat tujuan alat atau material yang diangkat melebihi panjang *jib* TC maka program akan menolak dan memberikan perintah untuk mengganti koordinat tujuan tersebut atau mengganti merek TC.

c. Kecepatan *Hoist* (Vv)

Kecepatan *hoist* ada 2 (dua) yaitu kecepatan *hoist* terlambat dan kecepatan *hoist* tercepat. Kecepatan *hoist* terlambat digunakan pada saat TC beroperasi dalam keadaan terisi beban, sedangkan kecepatan *hoist* tercepat digunakan pada saat TC beroperasi dalam keadaan kosong.

Data ini digunakan untuk menghitung waktu tempuh vertikal angkat dan kembali dari sumber ke tempat tujuan.

d. Kecepatan *Swing* (Vr)

Kecepatan *swing* ada 2 (dua) yaitu kecepatan s*wing* terlambat dan kecepatan *swing* tercepat. Kecepatan *swing* terlambat digunakan pada saat TC beroperasi dalam keadaan terisi beban sedangkan kecepatan *swing* tercepat digunakan pada saat TC beroperasi dalam keadaan kosong.

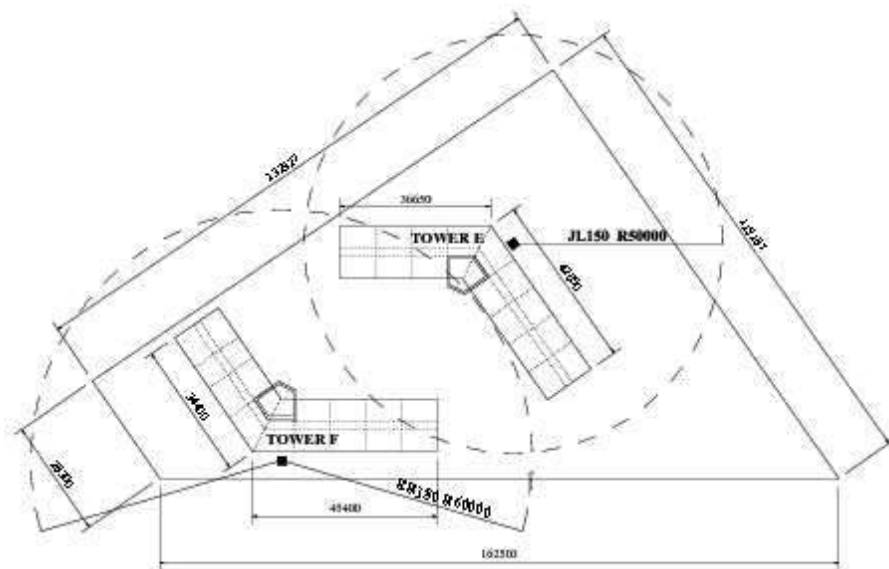
Data ini digunakan untuk menghitung waktu tempuh rotasi angkat dan kembali dari sumber ke tempat tujuan.

e. Kecepatan *Trolley* (Vh)

Kecepatan *trolley* ada 2 (dua) yaitu kecepatan *trolley* terlambat dan kecepatan *trolley* tercepat. Kecepatan *trolley* terlambat digunakan pada saat TC beroperasi dalam keadaan terisi beban sedangkan kecepatan *trolley* tercepat digunakan pada saat TC beroperasi dalam keadaan kosong

Data ini digunakan untuk menghitung waktu tempuh horisontal angkat dan kembali dari sumber ke tempat tujuan.

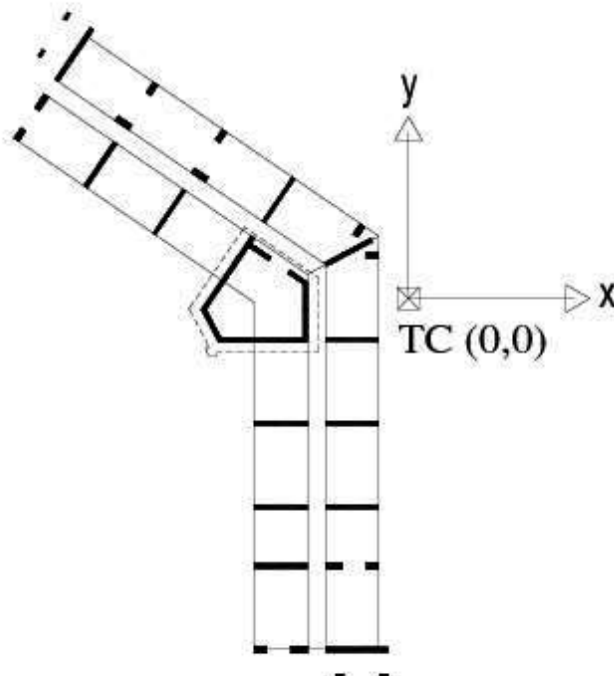
4.2. Data Tata Letak TC Terhadap Sumber dan Tujuan

Pada proyek Grande Waterplace Residence digunakan dua jenis TC yang masing-masing diletakkan di samping Tower E (merek Jiang Lu JL150) dan Tower F (merek Raimondi ER180), seperti yang terlihat pada Gambar 4.3.

Gambar 4.3. Tata letak TC pada proyek Grande Waterplace Residence

Data spesifikasi dan tata letak TC digunakan untuk menghitung waktu siklus penggunaan TC pada setiap jenis pekerjaan. Data-data yang diperlukan untuk menghitung waktu penggunaan TC, antara lain koordinat TC, koordinat sumber dan tujuan material.

a. Koordinat TC

Koordinat yang dimasukkan digunakan dari awal proyek sampai akhir proyek, koordinat TC bisa ditentukan hanya pada satu titik saja. Jadi untuk

proyek ini masing-masing tower dihitung sendiri-sendiri dengan dua kali pemakaian program. Sistem salib sumbu adalah menggunakan sumbu x dan y dengan titik 0 pada TC (Gambar 4.4)

Gambar 4.4. Sistem salib sumbu yang digunakan pada program

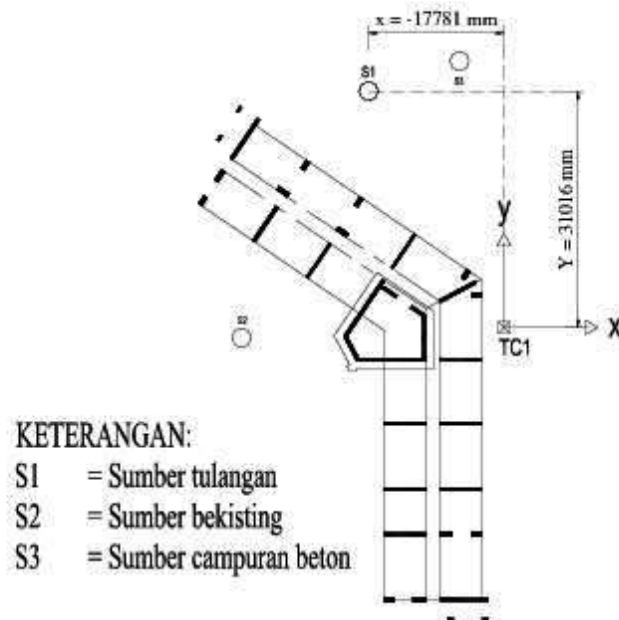
b. Koordinat sumber material

Input koordinat sumber material digunakan dari awal dimulainya proyek sampai akhir proyek. Koordinat sumber material bisa ditentukan sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan (Lampiran 4). Berdasarkan hasil observasi terdapat tiga sumber material yaitu S1, S2, S3 (Gambar 4.5).

dimana:

S1 = Sumber pengangkatan dinding *precast*, tulangan kolom, *shearwall*, *corewall*, *balok*, dan *plat*.

S2 = Sumber pengangkatan bekisting kolom, *shearwall*, *corewall*, dan *table form.*

S3 = Sumber pengangkatan campuran beton cair untuk pengecoran kolom, *shearwall*, dan *corewall.*

Gambar 4.5. Koordinat sumber material

c. Koordinat tujuan material

Input koordinat tujuan disesuaikan dengan jenis pekerjaan yang akan dilakukan (Gambar 4.6), jumlahnya dibatasi dan bervariasi sesuai dengan obyek yang dituju. Berdasarkan hasil observasi terdapat koordinat tujuan material untuk pekerjaan tulangan kolom, shearwall, corewall, balok, pelat, koordinat bekisting kolom, *shearwall*, *corewall*, *table form*, koordinat pengecoran kolom, *shearwall*, *corewall*, dan koordinat dinding *precast* (Lampiran 1).

Gambar 4.6. Koordinat tujuan material

- Dimensi kolom, *shearwall*, dan *corewall*

Dimensi kolom, *shearwall*, dan *corewall* digunakan untuk menghitung volume dan berat campuran beton (Lampiran 2). Pada pekerjaan pengecoran, data ini digunakan untuk mengetahui berapa kali TC harus mengangkat campuran beton cair untuk menyelesaikan tiap jenis kolom, *shearwall*, atau *corewall*. Ukuran buket yang digunakan adalah 1 m^3 dengan volume yang terisi adalah 0,8 m^3.

Berdasarkan hasil observasi terdapat tiga jenis tipe kolom yaitu A, B, C (Tabel 4.1), empat jenis tipe *shearwall* yaitu A, B, C, dan D (Tabel 4.2) sedangkan untuk *corewall* ada enam jenis, yaitu A, B, C, D, E dan F (Tabel 4.3).

Berikut data kolom, *shearwall*, dan *corewall* dari hasil observasi:

Tabel 4.1. Data Kolom

Tipe	Ukuran (m)		Luas	n
	b	h	(m2)	(buah)
A	0,6	1,7	1,02	5
B	0,6	1,3	0,78	7
C	0,35	0,8	0,28	4

Tabel 4.2. Data *Shearwall*

Tipe	Ukuran (m)		Luas	n
	b	h	(m2)	(buah)
A	0,35	5,43	1,91	7
B	0,45	5,43	2,45	2
C	0,45	6,38	2,88	2
D	0,45	3,1	1,4	1

Tabel 4.3. Data *Corewall*

Tipe	Ukuran (m)		Luas	n
	b	h	(m2)	(buah)
A	0,4	2,45	0,98	1
B	0,45	9,1	4,1	1
C	0,45	2,55	1,15	1
D	0,45	6,9	3,11	1
E	0,45	6,1	2,75	1
F	0,45	2,16	0,98	1

- Tulangan kolom, *shearwall*, dan *corewall*

Tulangan kolom, *shearwall*, dan *corewall* diangkat sudah dalam bentuk rakitan. Untuk setiap pengangkatan TC mengangkat satu tulangan yang sudah dirakit, jadi jumlah pengangkatan tulangan sama dengan jumlah kolom, *shearwall*, dan *corewall*.

- Volume tulangan balok dan plat

Tulangan balok dan plat diangkat dalam bentuk lonjoran, untuk masing-masing diameter diikat dalam jumlah tertentu. Jadi, *input* yang diperlukan adalah memasukkan jumlah tulangan dalam satu ikat dan total berat tulangan yang dibutuhkan dalam satu lantai, untuk tulangan balok dan plat. *Input* ini digunakan untuk menghitung berapa kali TC mengangkat semua tulangan balok dan plat yang dibutuhkan dalam satu lantai.

4.3. Waktu Siklus

Waktu siklus dihitung berdasarkan *fixed time* dan *variable time*.

Waktu siklus = *fixed time* + *variable time*.............................. (4.1)

fixed time = T ikat + T lepas ....(4.2)

variable time = Tv + Th +Tr ....(4.3)

Fixed time adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk mengikat material (T ikat) dan melepas material (T lepas), yang didapatkan dari hasil observasi lapangan. Waktu ikat adalah waktu yang dibutuhkan pekerja mengikat material sampai TC mulai bergerak untuk mengangkat material tersebut. Waktu lepas adalah waktu yang dibutuhkan pekerja untuk melepas tulangan, tetapi pada tulangan kolom, *shearwall,* dan *corewall* waktu lepas juga termasuk waktu yang dibutuhkan TC untuk membantu memasang tulangan. Pada pekerjaan pengecoran, waktu tetap adalah waktu untuk menuang campuran beton ke dalam buket beton yang dibawa oleh TC, dan waktu untuk menuang campuran beton ke dalam bekisting.

Variable time adalah waktu tempuh yang tergantung dari jarak atau koordinat titik sumber dan tujuan, yang terdiri dari waktu tempuh vertikal, rotasi, dan horisontal.

Data-data observasi untuk setiap pekerjaan dapat dilihat pada Lampiran 3.

Dari hasil observasi di lapangan diperoleh rata-rata waktu ikat dan waktu lepas material (Tabel 4.4).

Tabel 4.4. Rata-Rata Waktu Ikat dan Waktu Lepas

Fixed Time	**Ikat**		**Lepas**	
	menit	**detik**	**menit**	**detik**
Tulangan	1	36	1	23
Tulangan Kolom	2	3	8	36
Tul SW	1	28	10	37
Tul CW	1	28	10	37
TF	1	39	1	6
Cor	1	39	1	6
Bekisting K	3	11	2	2
Bekisting SW	3	21	4	47
Bekisting CW	3	33	6	10
DP	1	10	2	22

4.4. Perhitungan Jarak Tempuh

4.4.1 Jarak Tempuh Vertikal

Jarak tempuh vertikal TC adalah jarak total yang ditempuh oleh *hoist* secara vertikal, untuk mengangkat material dari sumber material ke tempat tujuan.

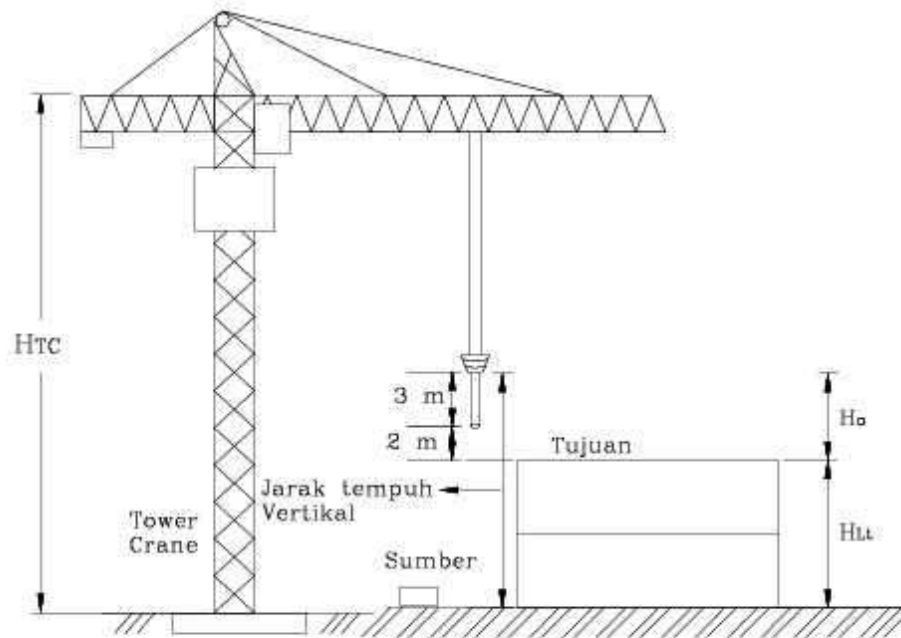
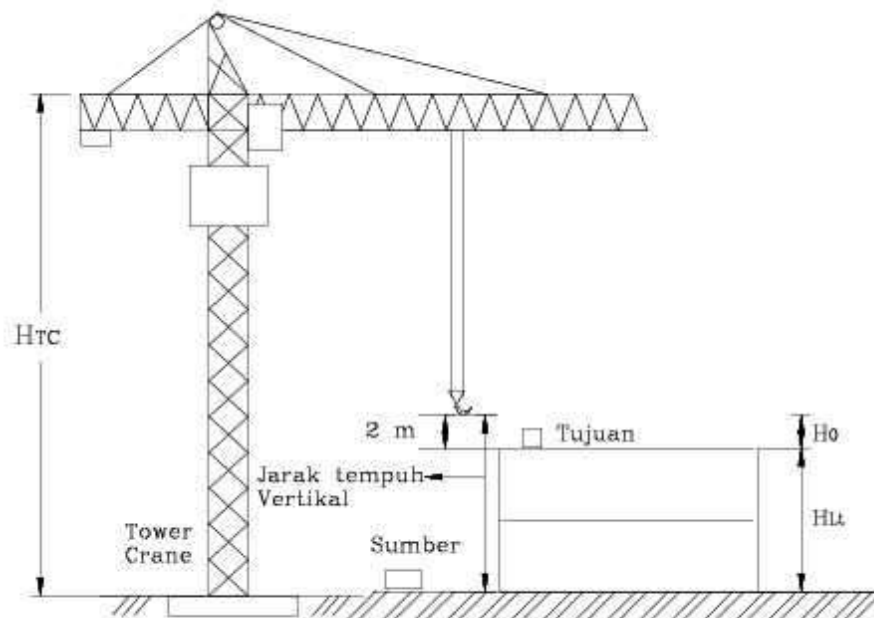
$$Dv = H_{Lt} + H_0 \qquad (4.4)$$

Keterangan :

Dv = jarak tempuh vertikal (m)

H_{Lt} = ketinggian lantai tujuan (m)

H_0 = tinggi tambahan yang diperlukan (m)

Hasil observasi di lapangan diperoleh H_0 yang dibutuhkan untuk mengangkat tulangan yang sudah dirakit (kolom, *shearwall*, dan *corewall*), *bucket* beton, bekisting, dinding *precast* serta *table form* adalah 5 meter (Gambar 4.7), sedangkan H_0 yang dibutuhkan untuk mengangkat tulangan balok dan plat adalah 2 meter (Gambar 4.8)

Gambar 4.7. Jarak Tempuh Vertikal

Gambar 4.8. Jarak Tempuh Vertikal untuk pengangkatan tulangan lonjoran.

4.4.2 Jarak Tempuh Horisontal

Jarak tempuh horisontal TC adalah jarak total yang ditempuh oleh *trolley* secara horisontal (Gambar 4.9).

- Jarak tempuh horisontal: Dh = $|D_1 - D_2|$ .... (4.5)

- $D_1 = \sqrt{X1^2 + Y1^2}$ .... (4.6)
- $D_2 = \sqrt{X2^2 + Y2^2}$ .... (4.7)

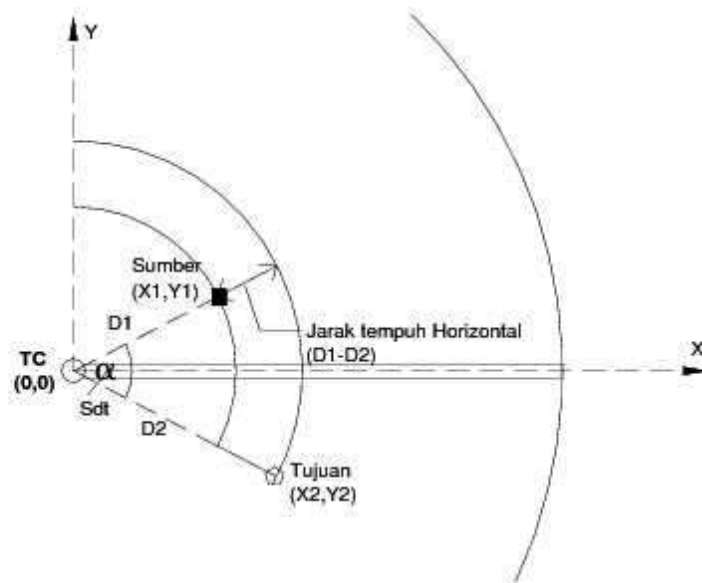
dimana :

Dh = jarak tempuh horisontal

D1 = jarak antara TC dengan sumber

D2 = jarak antara TC dengan tujuan.

X1,Y1 = koordinat sumber material terhadap TC

X2,Y2 = koordinat tujuan penempatan material terhadap TC

Gambar 4.9. Jarak Tempuh Horisontal

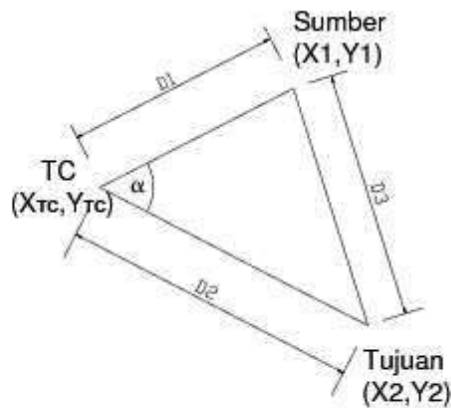
4.4.3 Jarak Tempuh Rotasi

Jarak tempuh rotasi berupa sudut rotasi. Sudut rotasi adalah sudut yang terbentuk antara sumber, TC dan tujuan (Gambar 4.10).

- $\cos \alpha = \dfrac{D1^2 + D2^2 - D3^2}{2 \times D1 \times D2}$ .... (4.8)
- $D_3 = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2}$ .... (4.9)

dimana :

α = Dr = sudut/jarak tempuh rotasi (radian)

D3 = jarak antara sumber dengan tujuan.

Gambar 4.10. Jarak Tempuh Rotasi

4.5 **Waktu Tempuh**

- Waktu tempuh vertikal (Tv)

Waktu tempuh vertikal adalah waktu yang ditempuh oleh *hoist* secara vertikal sampai pada ketinggian tujuan material yang diangkat.

Rumus : Tv = Dv / Vv.. (4.10)

Keterangan: Tv = waktu tempuh vertikal (min)

Dv = jarak tempuh vertikal (m)

Vv = kecepatan *hoist* (m/menit)

- Waktu tempuh rotasi (Tr)

Waktu tempuh rotasi adalah waktu tempuh secara berputar sampai pada tujuan material yang diangkat.

Rumus : Tr = Dr / Vr.. (4.11)

Keterangan: Tr = waktu tempuh rotasi (rpm)

Dr = jarak tempuh rotasi (rad)

Vr = kecepatan *swing* (rad/menit)

- Waktu tempuh horisontal (Th)

Waktu tempuh horisontal adalah waktu yang ditempuh oleh *trolley* secara horisontal sampai tepat berada di atas tujuan penempatan material yang diangkat (Gambar 2.5).

Rumus : Th = Dh / Vh………………………………………………….(4.12)

Keterangan: Th = waktu tempuh horisontal (min)

Dh = jarak tempuh horisontal (m)

Vh = kecepatan *trolley* (m/menit)

4.6 Perhitungan Waktu Penggunaan TC

4.6.1. Spesifikasi TC

TC yang diteliti ada 2 jenis yaitu Jianglu JL 150 pada tower E dan Raimondi ER 180 pada tower F. Spesifikasi TC didapat dari brosur yang dikeluarkan oleh pabrik (Tabel 4.5).

Tabel 4.5. Spesikasi TC yang digunakan

Jenis TC	Panjang jib	Kec. trolley (m/min)		Kec. Hoist (m/min)		Kec.swelling (rpm)	
	(m)	Tercepat	Terlambat	Tercepat	terlambat	Tercepat	Terlambat
JIANGLU JL 150	50	50	25	60	40	0.6	0.6

4.6.2 Pekerjaan Tulangan

Pekerjaan pengangkatan tulangan ada dua macam, yaitu pengangkatan tulangan lonjoran untuk tulangan balok dan plat (Gambar 4.11) dan pengangkatan tulangan yang sudah dirakit untuk kolom, *shearwall*, dan *corewall* (Gambar 4.12)

Gambar 4.11. Pekerjaan pengangkatan tulangan lonjoran untuk balok dan plat.

Gambar 4.12. Pekerjaan pengangkatan tulangan kolom

Perhitungan waktu penggunaan TC untuk pekerjaan tulangan meliputi perhitungan tulangan kolom, *shearwall*, *corewall*, balok, dan pelat (Lampiran 5). Berikut contoh perhitungan waktu penggunaan TC pada pekerjaan pengangkatan tulangan kolom.

- Jarak antara TC dengan sumber (D1)

Sumber	X1(mm)	Y1(mm)	D1 (cm)	Level (m)
S1	-17781	31016	3575	-1.50

X1 = Koordinat arah x dari TC ke S1 = -17781 mm

Y1 = Koordinat arah Y dari TC ke S1 = 31016 mm

D1 = $\sqrt{-17781^2 + 31016^2}$ = 35750 mm = 3575 cm

- Jarak antara TC dengan tujuan

Contoh perhitungan titik tujuan K1:

X2 = Koordinat arah X dari TC ke tujuan = -37202 mm

Y2 = Koordinat arah Y dari TC ke tujuan = 24771 mm

D2 = Jarak antara TC dengan tujuan tulangan kolom

D2 = ($\sqrt{-37202^2 + 24771^2}$)= 44690 mm = 4469 cm

Perhitungan titik tujuan yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.6).

Tabel 4.6. Jarak Antara TC dengan Tujuan Tulangan Kolom

Titik Tujuan	X2 (mm)	Y2 (mm)	D2 (cm)
K1	-37,202	24,771	4,469
K2	-34,625	28,551	4,488
K3	-39,290	16,481	4,261
K4	-37,079	19,724	4,200
K5	-29,159	17,593	3,406
K6	-26,340	21,450	3,397
K7	-31,293	12,297	3,362
K8	-18,822	16,323	2,491
K9	-4,776	6,747	827
K10	-3,651	4,026	543
K11	-7,576	-26,875	2,792
K12	-3,651	-26,875	2,712
K13	-15,051	-35,375	3,844
K14	-11,125	-35,375	3,708
K15	-7,026	-38,122	3,876
K16	-2,451	-38,122	3,820

- Waktu tempuh vertikal (Tv)

Contoh perhitungan tujuan lantai 1:

Dv = elevasi tujuan – elevasi sumber + tinggi penambahan

= 5,70 – (-1,50) + 5,00

= 12,20 meter

Tva = Tv (angkat) = Dv / kecepatan *hoist* terlambat

$$= \frac{12.20}{40} = 0{,}3 \text{ menit}$$

Tvk = Tv (kembali) = Dv / kecepatan *hoist* tercepat

$$= \frac{12.20}{60} = 0{,}2 \text{ menit}$$

Perhitungan untuk tujuan lantai yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.7).

Tabel 4.7. Waktu Tempuh Vertikal Pengangkatan Tulangan Kolom

Tujuan Lantai	Elevasi (m)	Dv (m)	Tva (menit)	Tvk (menit)
1	5.70	12.20	0.3	0.2
2	8.70	15.20	0.4	0.3
3	11.70	18.20	0.5	0.3
4	14.70	21.20	0.5	0.4
5	17.70	24.20	0.6	0.4
6	20.70	27.20	0.7	0.5
7	23.70	30.20	0.8	0.5
8	26.70	33.20	0.8	0.6
9	29.70	36.20	0.9	0.6
10	32.70	39.20	1.0	0.7
11	35.70	42.20	1.1	0.7
12	38.70	45.20	1.1	0.8
13	41.70	48.20	1.2	0.8
14	44.70	51.20	1.3	0.9
15	47.70	54.20	1.4	0.9
16	50.70	57.20	1.4	1.0
17	53.70	60.20	1.5	1.0
18	56.70	63.20	1.6	1.1
19	59.70	66.20	1.7	1.1
20	62.70	69.20	1.7	1.2
21	65.70	72.20	1.8	1.2
22	68.70	75.20	1.9	1.3
23	71.70	78.20	2.0	1.3
24	74.70	81.20	2.0	1.4
25	77.90	84.40	2.1	1.4
26	81.10	87.60	2.2	1.5
27	84.30	90.80	2.3	1.5
28	87.50	94.00	2.4	1.6

- Waktu tempuh rotasi

Contoh perhitungan titik tujuan K1:

D3 $= \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2}$

$= \sqrt{(-37202 - (-17781))^2 + (24771 - 31016)^2}$ = 20400 mm = 2040 cm

cos α $= \dfrac{D1^2 + D2^2 - D3^2}{2 \times D1 \times D2}$

$= \dfrac{3575^2 + 4469^2 - 2040^2}{2 \times 3575 \times 4469}$

α = Dr = 0,46 radian

Tra = Tr (angkat) = Dr / kecepatan *swelling* terlambat

$$= \frac{0.46}{0.6} = 0{,}8 \text{ menit}$$

Trk = Tr (kembali) = Dr / kecepatan *swelling* tercepat

$$= \frac{0.46}{0.6} = 0{,}8 \text{ menit}$$

- Waktu tempuh horisontal

Contah perhitungan titik tujuan K1:

$$Dh = |D1 - D2|$$

$$= |3575 - 4469| = 894 \text{ cm}$$

Tha = Th (angkat) = Dh / kecepatan *trolley* terlambat

$$= \frac{894/100}{25} = 0{,}4 \text{ menit}$$

Thk = Th (kembali) = Dh / kecepatan *trolley* tercepat

$$= \frac{894/100}{50} = 0{,}2 \text{ menit}$$

Perhitungan waktu tempuh rotasi dan horisontal untuk titik tujuan yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.8).

Tabel 4.8. Waktu Tempuh Rotasi dan Horisontal Pengangkatan Tulangan Kolom

Titik Tujuan	D3 (cm)	α (radian)	Tra (menit)	Trk (menit)	Dh (cm)	Tha (menit)	Thk (menit)
K1	2.040	0,46	0,8	0,8	894	0,4	0,2
K2	1.702	0,36	0,6	0,6	913	0,4	0,2
K3	2.596	0,65	1,1	1,1	686	0,3	0,1
K4	2.236	0,56	0,9	0,9	625	0,2	0,1
K5	1.760	0,51	0,8	0,8	170	0,1	0,0
K6	1.284	0,37	0,6	0,6	178	0,1	0,0
K7	2.309	0,68	1,1	1,1	213	0,1	0,0
K8	1.473	0,34	0,6	0,6	1.084	0,4	0,2
K9	2.753	0,10	0,2	0,2	2.748	1,1	0,5
K10	3.047	0,22	0,4	0,4	3.032	1,2	0,6
K11	5.878	2,35	3,9	3,9	783	0,3	0,2
K12	5.959	2,49	4,1	4,1	863	0,3	0,2
K13	6.645	2,22	3,7	3,7	269	0,1	0,1
K14	6.672	2,32	3,9	3,9	133	0,1	0,0
K15	6.997	2,44	4,1	4,1	301	0,1	0,1
K16	7.082	2,56	4,3	4,3	245	0,1	0,0
		Σ Tr =	31,00	31,00	Σ Th =	5,25	2,63

- Perhitungan waktu siklus

Waktu ikat rata-rata = 2,1 menit

Waktu lepas rata-rata = 8,6 menit

Jumlah kolom/lantai (nk) =16 buah

Contoh perhitungan tujuan lantai 1:

Ta = T (angkat) $= (nk \times \Sigma Tva) + \Sigma Tra + \Sigma Tha$

$= 41,1$ menit

Tk = T (kembali) $= (nk \times \Sigma Tvk) + \Sigma Trk + \Sigma Thk$

$= 36,9$ menit

Ttotal $= Ta + Tk + (Ti + Tk) \times nk$

$= 41,1 + 36,9 + (2,1 + 8,6) \times 16 = 248,4$ menit

Perhitungan untuk tujuan lantai yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.9).

Tabel 4.9. Waktu Siklus Pengangkatan Tulangan Kolom

Tujuan Lantai	Elevasi (m)	Ta (menit)	Tk (menit)	Ttotal (menit)
1	5,70	41,1	36,9	248,4
2	8,70	42,3	37,7	250,4
3	11,70	43,5	38,5	252,4
4	14,70	44,7	39,3	254,4
5	17,70	45,9	40,1	256,4
6	20,70	47,1	40,9	258,4
7	23,70	48,3	41,7	260,4
8	26,70	49,5	42,5	262,4
9	29,70	50,7	43,3	264,4
10	32,70	51,9	44,1	266,4
11	35,70	53,1	44,9	268,4
12	38,70	54,3	45,7	270,4
13	41,70	55,5	46,5	272,4
14	44,70	56,7	47,3	274,4
15	47,70	57,9	48,1	276,4
16	50,70	59,1	48,9	278,4
17	53,70	60,3	49,7	280,4
18	56,70	61,5	50,5	282,4
19	59,70	62,7	51,3	284,4
20	62,70	63,9	52,1	286,4
21	65,70	65,1	52,9	288,4
22	68,70	66,3	53,7	290,4
23	71,70	67,5	54,5	292,4
24	74,70	68,7	55,3	294,4
25	77,90	70,0	56,1	296,5
26	81,10	71,3	57,0	298,7
27	84,30	72,6	57,8	300,8
28	87,50	73,9	58,7	302,9
Total waktu penggunaan TC =				7.712,8

4.6.3. Pekerjaan Pengangkatan Bekisting

Bekisting kolom diangkat dalam keadaan sudah terangkai, TC tidak hanya memindahkan bekisting saja tetapi juga membantu dalam pemasangannya (Gambar 4.13).

Gambar 4.13. Pekerjaan pengangkatan bekisting kolom dan *shearwall*

Perhitungan waktu penggunaan TC untuk pekerjaan bekisting meliputi perhitungan bekisting kolom, *shearwall*, *corewall*, dan *table form*. Untuk perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Berikut contoh perhitungan waktu penggunaan TC pada pekerjaan pengangkatan bekisting kolom.

- Jarak antara TC dengan sumber (D1)

Sumber	X1(mm)	Y1(mm)	D1(cm)	Level (m)
S2	-34454	-1362	3448	-1.50

X1 = Koordinat arah X dari TC ke S1 = -34454 mm

Y1 = Koordinat arah Y dari TC ke S1 = -1362 mm

D1 $= \sqrt{-34454^2 + 1362^2} = 34480$ mm = 3448 cm

- Jarak antara TC dengan tujuan

Contoh perhitungan titik tujuan K1:

X2 = Koordinat arah X dari TC ke tujuan = -37202 mm

Y2 = Koordinat arah Y dari TC ke tujuan = 24771 mm

D2 = ($\sqrt{-37202^2 + 24771^2}$)/10 = 44690 mm = 44690 cm

Perhitungan titik tujuan yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.10).

Tabel 4.10. Jarak Antara TC dengan Tujuan Bekisting Kolom

Titik Tujuan	X2 (mm)	Y2 (mm)	D2 (cm)
K1	-37,202	24,771	4,469
K2	-34,625	28,551	4,488
K3	-39,290	16,481	4,261
K4	-37,079	19,724	4,200
K5	-29,159	17,593	3,406
K6	-26,340	21,450	3,397
K7	-31,293	12,297	3,362
K8	-18,822	16,323	2,491
K9	-4,776	6,747	827
K10	-3,651	4,026	543
K11	-7,576	-26,875	2,792
K12	-3,651	-26,875	2,712
K13	-15,051	-35,375	3,844
K14	-11,125	-35,375	3,708
K15	-7,026	-38,122	3,876
K16	-2,451	-38,122	3,820

- Waktu tempuh vertikal (Tv)

Contoh perhitungan tujuan lantai 1:

Tva = Tv (angkat) = Dv / kecepatan *hoist* terlambat

$= \frac{12.20}{40} = 0{,}3$ menit

Tvk = Tv (kembali) = Dv / kecepatan *hoist* tercepat

$= \frac{12.20}{60} = 0{,}2$ menit

Perhitungan untuk tujuan lantai yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.11).

Tabel 4.11. Waktu Tempuh Vertikal Pengangkatan Bekisting Kolom

Tujuan Lantai	Elevasi (m)	Dv (m)	Tva (menit)	Tvk (menit)
1	5,70	12,20	0,3	0,2
2	8,70	15,20	0,4	0,3
3	11,70	18,20	0,5	0,3
4	14,70	21,20	0,5	0,4
5	17,70	24,20	0,6	0,4
6	20,70	27,20	0,7	0,5
7	23,70	30,20	0,8	0,5
8	26,70	33,20	0,8	0,6
9	29,70	36,20	0,9	0,6
10	32,70	39,20	1,0	0,7
11	35,70	42,20	1,1	0,7
12	38,70	45,20	1,1	0,8
13	41,70	48,20	1,2	0,8
14	44,70	51,20	1,3	0,9
15	47,70	54,20	1,4	0,9
16	50,70	57,20	1,4	1,0
17	53,70	60,20	1,5	1,0
18	56,70	63,20	1,6	1,1
19	59,70	66,20	1,7	1,1
20	62,70	69,20	1,7	1,2
21	65,70	72,20	1,8	1,2
22	68,70	75,20	1,9	1,3
23	71,70	78,20	2,0	1,3
24	74,70	81,20	2,0	1,4
25	77,90	84,40	2,1	1,4
26	81,10	87,60	2,2	1,5
27	84,30	90,80	2,3	1,5
28	87,50	94,00	2,4	1,6

- Waktu tempuh rotasi pengangkatan bekisting kolom

Contoh perhitungan titik tujuan K1:

$$D3 = \sqrt{(X2-X1)^2+(Y2-Y1)^2}$$

$$= \sqrt{(-37202-(-34454))^2+(24771-(-1362)^2} = 26280 \text{ mm} = 2628 \text{ cm}$$

$$Dr = \cos\alpha = \frac{D1^2+D2^2-D3^2}{2\times D1\times D2}$$

$$= \frac{3448^2+4469^2-2628^2}{2\times 3448\times 4469}$$

$$\alpha = 0{,}63 \text{ radian}$$

Tra = Tr (angkat) = Dr / kecepatan *swelling* terlambat

$$= \frac{0{,}63}{0{,}6} = 1{,}0 \text{ menit}$$

Trk = Tr (kembali) = Dr / kecepatan *swelling* tercepat

$$= \frac{0{,}63}{0{,}6} = 1{,}0 \text{ menit}$$

- Waktu tempuh horisontal

Contoh perhitungan titik tujuan K1:

$$Dh = |D1 - D2|$$

$$= |3448 - 4469| = 1021 \text{ cm}$$

Tha = Th (angkat) = Dh / kecepatan *trolley* terlambat

$$= \frac{1021/100}{25} = 0{,}4 \text{ menit}$$

Thk = Th (kembali) = Dh / kecepatan *trolley* tercepat

$$= \frac{1021/100}{50} = 0{,}2 \text{ menit}$$

Perhitungan untuk waktu tempuh rotasi dan horisontal yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.12).

Tabel 4.12. Waktu Tempuh Rotasi dan Horisontal Pengangkatan Bekisting Kolom

Titik Tujuan	D3 (cm)	α (radian)	Tra (menit)	Trk (menit)	Dh (cm)	Tha (menit)	Thk (menit)
K1	2.628	0,63	1,0	1,0	1.021	0,4	0,2
K2	2.991	0,73	1,2	1,2	1.040	0,4	0,2
K3	1.849	0,44	0,7	0,7	813	0,3	0,2
K4	2.125	0,53	0,9	0,9	752	0,3	0,2
K5	1.968	0,58	1,0	1,0	43	0,0	0,0
K6	2.421	0,72	1,2	1,2	51	0,0	0,0
K7	1.402	0,41	0,7	0,7	86	0,0	0,0
K8	2.360	0,75	1,3	1,3	957	0,4	0,2
K9	3.077	0,99	1,7	1,7	2.621	1,0	0,5
K10	3.127	0,87	1,5	1,5	2.905	1,2	0,6
K11	3.706	1,26	2,1	2,1	656	0,3	0,1
K12	4.000	1,40	2,3	2,3	736	0,3	0,1
K13	3.916	1,13	1,9	1,9	396	0,2	0,1
K14	4.124	1,23	2,0	2,0	260	0,1	0,1
K15	4.586	1,35	2,2	2,2	428	0,2	0,1
K16	4.874	1,47	2,4	2,4	372	0,1	0,1
		Σ Tr =	24,14	24,14	Σ Th =	5,25	2,63

- Perhitungan Waktu Siklus

Waktu ikat rata-rata (Ti) = 3,2 menit

Waktu lepas rata-rata (Tl) = 2,0 menit

Jumlah bekisting kolom/lantai (nk) = 16 buah

Contoh perhitungan tujuan lantai 1:

Ta (angkut) = (nk x Σ Tva) + Σ Tra + Σ Tha

= 34,3 menit

Tk (kembali) = (nk x Σ Tvk) + Σ Trk + Σ Thk

= 30,0 menit

Ttotal = Ta + Tk + (Ti + Tk) x nk

= 34,3 + 30,0 + (3,2 + 2,0) x 16 = 147,8 menit

Perhitungan untuk tujuan lantai yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.13).

Tabel 4.13. Waktu Siklus Pengangkatan Bekisting Kolom

Tujuan Lantai	Elevasi (m)	Ta (menit)	Tk (menit)	Ttotal (menit)
1	5,70	34,3	30,0	147,8
2	8,70	35,5	30,8	149,8
3	11,70	36,7	31,6	151,8
4	14,70	37,9	32,4	153,8
5	17,70	39,1	33,2	155,8
6	20,70	40,3	34,0	157,8
7	23,70	41,5	34,8	159,8
8	26,70	42,7	35,6	161,8
9	29,70	43,9	36,4	163,8
10	32,70	45,1	37,2	165,8
11	35,70	46,3	38,0	167,8
12	38,70	47,5	38,8	169,8
13	41,70	48,7	39,6	171,8
14	44,70	49,9	40,4	173,8
15	47,70	51,1	41,2	175,8
16	50,70	52,3	42,0	177,8
17	53,70	53,5	42,8	179,8
18	56,70	54,7	43,6	181,8
19	59,70	55,9	44,4	183,8
20	62,70	57,1	45,2	185,8
21	65,70	58,3	46,0	187,8
22	68,70	59,5	46,8	189,8
23	71,70	60,7	47,6	191,8
24	74,70	61,9	48,4	193,8
25	77,90	63,2	49,3	195,9
26	81,10	64,4	50,1	198,0
27	84,30	65,7	51,0	200,2
28	87,50	67,0	51,8	202,3
Total waktu penggunaan TC =				4.894,9

4.6.4 Pekerjaan Pengecoran

Perhitungan waktu penggunaan TC untuk pengecoran meliputi perhitungan pengecoran kolom, *shearwall*, dan *corewall* (Lampiran 7). Pada pekerjaan pengecoran campuran beton diangkat dengan menggunakan buket yang memiliki kapasitas 1 m^3, akan tetapi pada kenyataannya tidak mungkin diisi penuh, jadi asumsi pengisian buket campuran beton ini adalah dengan volume 0,8 m^3.

Gambar 4.14. Pekerjaan pengecoran

Berikut contoh perhitungan waktu penggunaan TC pada pekerjaan pengecoran kolom

- Jarak antara TC dengan sumber (D1)

Sumber	X1(mm)	Y1(mm)	D1(cm)	Level (m)
S3	-5,835	34,971	3,545	-2

Keterangan:

X1 = Koordinat arah X dari TC ke S1 = -5835 mm

Y1 = Koordinat arah Y dari TC ke S1 = 34971 mm

D1 $= \sqrt{-5835^2 + 34971^2}$ = 35450 mm = 3545 cm

- Luas Penampang Kolom

Tipe kolom A,B dan C (Tabel 4.14)

Luas = L = b x h

Tabel 4.14. Luas Penampang Kolom

Tipe Kolom	b (m)	h (m)	Luas (m2)
A	0.6	1.7	1.02
B	0.6	1.3	0.78
C	0.35	0.8	0.28

- Jarak antara TC dengan Tujuan

Contoh perhitungan titik tujuan K1:

D2 = $\sqrt{-37202^2 + 24771^2}$ = 44690 mm = 4469 cm

Perhitungan untuk titik tujuan yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.15).

Tabel 4.15. Jarak Antara TC dengan Tujuan Pengecoran Kolom

Titik Tujuan	Luas (m2)	X2 (mm)	Y2 (mm)	D2 (cm)
K1	0.28	-37,202	24,771	4,469
K2	0.28	-34,625	28,551	4,488
K3	0.78	-39,290	16,481	4,261
K4	1.02	-37,079	19,724	4,200
K5	1.02	-29,159	17,593	3,406
K6	0.78	-26,340	21,450	3,397
K7	1.02	-31,293	12,297	3,362
K8	0.78	-18,822	16,323	2,491
K9	0.78	-4,776	6,747	827
K10	0.78	-3,651	4,026	543
K11	1.02	-7,576	-26,875	2,792
K12	0.78	-3,651	-26,875	2,712
K13	0.78	-15,051	-35,375	3,844
K14	1.02	-11,125	-35,375	3,708
K15	0.28	-7,026	-38,122	3,876
K16	0.28	-2,451	-38,122	3,820

X2 = Koordinat arah X dari TC ke tujuan = -37202 mm

Y2 = Koordinat arah Y dari TC ke tujuan = 24771 mm

D2 = Jarak antara TC dengan tujuan pengecoran kolom

- Waktu tempuh vertikal (Tv)

Contoh perhitungan untuk tujuan lantai 1:

Volume total = Σ Luas x Elevasi (lt2-lt1)

= 35,04 m^3

Σangkut = Vol total / Ukuran buket

= 35,04 / 0,8

= 44

Tva (angkat) = Σangkut x Dv / kecepatan *hoist* terlambat

$$= \frac{44x12.20}{40} = 13,4 \text{ menit}$$

Tvk (kembali) = Σangkut x Dv / kecepatan *hoist* tercepat

$$= \frac{44x12.20}{60} = 8,9 \text{ menit}$$

Perhitungan untuk tujuan lantai yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.16).

Tabel 4.16. Waktu Tempuh Vertikal Pengecoran Kolom

Tujuan Lantai	Elevasi (m)	Vol.total (m3)	Σangkut	Dv (m)	Tva (menit)	Tvk (menit)
1	5,70	35,04	44,00	12,20	13,4	8,9
2	8,70	35,04	44,00	15,20	16,7	11,1
3	11,70	35,04	44,00	18,20	20,0	13,3
4	14,70	35,04	44,00	21,20	23,3	15,5
5	17,70	35,04	44,00	24,20	26,6	17,7
6	20,70	35,04	44,00	27,20	29,9	19,9
7	23,70	35,04	44,00	30,20	33,2	22,1
8	26,70	35,04	44,00	33,20	36,5	24,3
9	29,70	35,04	44,00	36,20	39,8	26,5
10	32,70	35,04	44,00	39,20	43,1	28,7
11	35,70	35,04	44,00	42,20	46,4	30,9
12	38,70	35,04	44,00	45,20	49,7	33,1
13	41,70	35,04	44,00	48,20	53,0	35,3
14	44,70	35,04	44,00	51,20	56,3	37,5
15	47,70	35,04	44,00	54,20	59,6	39,7
16	50,70	35,04	44,00	57,20	62,9	41,9
17	53,70	35,04	44,00	60,20	66,2	44,1
18	56,70	35,04	44,00	63,20	69,5	46,3
19	59,70	35,04	44,00	66,20	72,8	48,5
20	62,70	35,04	44,00	69,20	76,1	50,7
21	65,70	35,04	44,00	72,20	79,4	52,9
22	68,70	35,04	44,00	75,20	82,7	55,1
23	71,70	35,04	44,00	78,20	86,0	57,3
24	74,70	37,38	47,00	81,20	95,4	63,6
25	77,90	37,38	47,00	84,40	99,2	66,1
26	81,10	37,38	47,00	87,60	102,9	68,6
27	84,30	37,38	47,00	90,80	106,7	71,1
28	87,50	0,00	0,00	94,00	0,0	0,0

- Waktu tempuh rotasi

Contoh perhitungan titik tujuan K1:

D3 $= \sqrt{(X2-X1)^2+(Y2-Y1)^2}$

$= \sqrt{(-37202-(-5385))^2+(24771-34971)^2}$ = 32980 mm = 3298 cm

cos α $= \dfrac{D1^2+D2^2-D3^2}{2\times D1\times D2}$

$= \dfrac{3545^2+4469^2-3298^2}{2\times 3575\times 4469}$

α = 0,82 radian = Dr

Tra x L = Luas kolom K1 x Dr / kecepatan *swelling* terlambat

$= 0{,}28 \text{ x } \dfrac{0.82}{0.6} = 0{,}4 \text{ m}^2 \text{ menit}$

Trk x L = Luas kolom K1 x Dr / kecepatan *swelling* tercepat

$= 0{,}28 \text{ x } \dfrac{0.82}{0.6} = 0{,}4 \text{ m}^2 \text{ menit}$

- Waktu Tempuh Horisontal

Contoh perhitungan titik tujuan K1:

Dh $= |D1-D2|$

$= |3545-4469|$ = 924 cm

Tha x L = Luas kolom K1 x Dh / kecepatan *trolley* terlambat

$= 0{,}28 \text{ x } \dfrac{924/100}{25} = 0{,}10 \text{ menit}$

Thk x L = Luas kolom K1 x Dh / kecepatan *trolley* tercepat

$= 0{,}28 \text{ x } \dfrac{924/100}{50} = 0{,}05 \text{ menit}$

Perhitungan waktu tempuh rotasi dan waktu tempuh horisontal untuk titik tujuan yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.17)

Tabel 4.17. Waktu Tempuh Rotasi dan Horisontal Pengecoran Kolom

Titik Tujuan	D3 (cm)	α (radian)	Tra x L (m^2 menit)	Trk x L (m^2 menit)	Dh (cm)	Tha x L (m^2 menit)	Thk x L (m^2 menit)
K1	3.298	0,82	0,4	0,4	924	0,10	0,05
K2	2.950	0,72	0,3	0,3	942	0,11	0,05
K3	3.822	1,01	1,3	1,3	715	0,22	0,11
K4	3.477	0,92	1,6	1,6	654	0,27	0,13
K5	2.909	0,86	1,5	1,5	140	0,06	0,03
K6	2.456	0,72	0,9	0,9	149	0,05	0,02
K7	3.409	1,03	1,8	1,8	183	0,07	0,04
K8	2.272	0,69	0,9	0,9	1.054	0,33	0,16
K9	2.824	0,45	0,6	0,6	2.719	0,85	0,42
K10	3.102	0,57	0,7	0,7	3.002	0,94	0,47
K11	6.187	2,70	4,6	4,6	753	0,31	0,15
K12	6.188	2,84	3,7	3,7	833	0,26	0,13
K13	7.095	2,57	3,3	3,3	299	0,09	0,05
K14	7.054	2,67	4,5	4,5	163	0,07	0,03
K15	7.310	2,79	1,3	1,3	331	0,04	0,02
K16	7.317	2,91	1,4	1,4	275	0,03	0,02
		∑ Tr x L =	28,8	28,8	∑ThxL=	3,8	1,9

- Perhitungan Waktu Siklus

Waktu ikat rata-rata (Ti) = 1,7 menit

Waktu lepas rata-rata (Tl) = 1,1 menit

Jumlah kolom/lantai (nk) = 16 buah

Contoh perhitungan tujuan lantai 1:

Ta = Tva + [Σ (Tra x L)/ vol.buket + Σ (Tha x L)/vol.buket]x (elev.lt2-lt.1)

= 13,4 + [(28,8 / 0,8) + (3,8 / 0,8)]x (8,70 – 5,70)

= 135,6 menit

Tk = Tvk + [Σ (Trk x L)/vol.buket + Σ (Thk x L)/vol.buket]x (elev.lt2-lt.1)

= 8,9 + [(28,8 / 0,8) + (1,9 / 0,8)]x (8,70 – 5,70)

= 124,1 menit

Ttotal = Ta + Tk + [(Ti + Tk) x Σangkut]

= 135,6 + 124,1 + [(1,7 + 1,1) x 44]

= 380,7 menit

Perhitungan untuk tujuan lantai yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.18).

Tabel 4.18. Waktu Siklus Pengecoran Kolom

Tujuan Lantai	Elevasi (m)	Ta (menit)	Tk (menit)	Ttotal (menit)
1	5,70	135,6	124,1	380,7
2	8,70	138,9	126,3	386,2
3	11,70	142,2	128,5	391,7
4	14,70	145,5	130,7	397,2
5	17,70	148,8	132,9	402,7
6	20,70	152,1	135,1	408,2
7	23,70	155,4	137,3	413,7
8	26,70	158,7	139,5	419,2
9	29,70	162,0	141,7	424,7
10	32,70	165,3	143,9	430,2
11	35,70	168,6	146,1	435,7
12	38,70	171,9	148,3	441,2
13	41,70	175,2	150,5	446,7
14	44,70	178,5	152,7	452,2
15	47,70	181,8	154,9	457,7
16	50,70	185,1	157,1	463,2
17	53,70	188,4	159,3	468,7
18	56,70	191,7	161,5	474,2
19	59,70	195,0	163,7	479,7
20	62,70	198,3	165,9	485,2
21	65,70	201,6	168,1	490,7
22	68,70	204,9	170,3	496,2
23	71,70	208,2	172,5	501,7
24	74,70	225,8	186,4	541,4
25	77,90	229,5	188,9	547,7
26	81,10	233,3	191,4	554,0
27	84,30	237,1	193,9	560,2
28	87,50	0,0	0,0	0,0
Total waktu penggunaan TC =				12.351,2

4.6.5 Pekerjaan Dinding *Precast*

- Jarak Antara TC Dengan Sumber (D1)

Sumber	X1(mm)	Y1(mm)	D1(cm)	Level (m)
S1	-17781	31016	3575	-1.50

X1 = Koordinat arah X dari TC ke S1 = -17781 mm

Y1 = Koordinat arah Y dari TC ke S1 = 31016 mm

D1 = $\sqrt{-17781^2 + 31016^2}$ = 35750 mm = 3575 cm

- Jarak antara TC Dengan Tujuan

Contoh perhitungan titik tujuan DP1:

D2 = $\sqrt{-38712^2 + 15301^2}$ = 4163 cm

Perhitungan untuk titik tujuan yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.19).

Tabel 4.19. Jarak Antara TC dengan Tujuan Pemasangan Dinding *Precast*

Titik Tujuan	X2 (mm)	Y2 (mm)	D2 (cm)
DP1	-38.712	15.301	4.163
DP2	-36.712	13.937	3.927
DP3	-34.371	12.341	3.652
DP4	-31.648	10.484	3.334
DP5	-29.608	9.191	3.100
DP6	-27.307	7.524	2.832
DP7	-24.687	5.738	2.535
DP8	-22.692	4.378	2.311
DP9	-20.346	2.778	2.053
DP10	-15.747	-5.724	1.676
DP11	-15.700	-7.801	1.753
DP12	-15.700	-11.237	1.931
DP13	-15.700	-13.486	2.070
DP14	-15.700	-16.301	2.263
DP15	-15.700	-19.767	2.524
DP16	-15.700	-22.351	2.731
DP17	-15.700	-25787	3.019
DP18	-15.700	-28111	3.220
DP19	-15.700	-30926	3.468
DP20	-15.700	-34362	3.778
DP21	-30645	25171	3.966
DP22	-28650	23811	3.725
DP23	-26316	22220	3.444
DP24	-24283	20834	3.200
DP25	-22289	19474	2.960
DP26	-19979	17845	2.679
DP27	-17069	15915	2.334
DP28	-15075	14555	2.095
DP29	-14515	11222	1.835
DP30	-10778	11625	1.585
DP31	-8783	10265	1.351
DP32	-6449	8673	1.081
DP33	-3000	3514	462
DP34	-3000	699	308
DP35	-3000	-2737	406
DP36	-3000	-4986	582
DP37	-3000	-7801	836
DP38	-3000	-11237	1.163
DP39	-3000	-13486	1.382
DP40	-3000	-16301	1.657
DP41	-3000	-19737	1.996
DP42	-3000	-22426	2.263
DP43	-3000	-25862	2.604
DP44	-3000	-28036	2.820
DP45	-3000	-30851	3.100
DP46	-3000	-34287	3.442

X2 = Koordinat arah X dari TC ke tujuan = -38712 mm

Y2 = Koordinat arah Y dari TC ke tujuan = 15301 mm

- Waktu Tempuh Vertikal (Tv)

Contoh perhitungan tujuan lantai 1:

Tva (angkat) = Dv / kecepatan *hoist* terlambat

$$= \frac{12.20}{40} = 0{,}3 \text{ menit}$$

Tvk (kembali) = Dv / kecepatan *hoist* tercepat

$$= \frac{12.20}{60} = 0{,}2 \text{ menit}$$

Perhitungan untuk tujuan lantai yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.20).

Tabel 4.20. Waktu Tempuh Vertikal Dinding *Precast*

Tujuan Lantai	Elevasi (m)	Dv (m)	Tva (menit)	Tvk (menit)
1	5,70	12,20	0,3	0,2
2	8,70	15,20	0,4	0,3
3	11,70	18,20	0,5	0,3
4	14,70	21,20	0,5	0,4
5	17,70	24,20	0,6	0,4
6	20,70	27,20	0,7	0,5
7	23,70	30,20	0,8	0,5
8	26,70	33,20	0,8	0,6
9	29,70	36,20	0,9	0,6
10	32,70	39,20	1,0	0,7
11	35,70	42,20	1,1	0,7
12	38,70	45,20	1,1	0,8
13	41,70	48,20	1,2	0,8
14	44,70	51,20	1,3	0,9
15	47,70	54,20	1,4	0,9
16	50,70	57,20	1,4	1,0
17	53,70	60,20	1,5	1,0
18	56,70	63,20	1,6	1,1
19	59,70	66,20	1,7	1,1
20	62,70	69,20	1,7	1,2
21	65,70	72,20	1,8	1,2
22	68,70	75,20	1,9	1,3
23	71,70	78,20	2,0	1,3
24	74,70	81,20	2,0	1,4
25	77,90	84,40	2,1	1,4
26	81,10	87,60	2,2	1,5
27	84,30	90,80	2,3	1,5
28	87,50	94,00	2,4	1,6

- Waktu Tempuh Rotasi Pengangkatan Dinding *Precast*

Contoh perhitungan titik tujuan DP1:

$$D3 = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2}$$

$$= \sqrt{(-38712 - (-17781))^2 + (15301 - 31016^2} = 26170 \text{ mm} = 2617 \text{ cm}$$

$$Dr = \cos \alpha = \frac{D1^2 + D2^2 - D3^2}{2 \times D1 \times D2}$$

$$= \frac{3575^2 + 4163^2 - 2617^2}{2 \times 3575 \times 4163}$$

$$\alpha = 0{,}67 \text{ radian}$$

Tr (angkat) = Dr / kecepatan *swelling* terlambat

$$= \frac{0{,}67}{0{,}6} = 1{,}1 \text{ menit}$$

Tr (kembali) = Dr / kecepatan *swelling* tercepat

$$= \frac{0{,}67}{0{,}6} = 1{,}1 \text{ menit}$$

- Waktu Tempuh Horisontal

Contoh perhitungan titik tujuan DP1:

$$Dh = |D1 - D2|$$

$$= |3575 - 4163| = 587 \text{ cm}$$

Th (angkat) = Dh / kecepatan *trolley* terlambat

$$= \frac{587/100}{25} = 0{,}2 \text{ menit}$$

Th (kembali) = Dh / kecepatan *trolley* tercepat

$$= \frac{587/100}{50} = 0{,}1 \text{ menit}$$

Perhitungan waktu tempuh rotasi dan waktu tempuh horisontal untuk titik tujuan yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.21)

Tabel 4.21. Waktu Tempuh Rotasi dan Horisontal Pengangkatan Dinding *Precast*

Titik Tujuan	D3 (cm)	α (radian)	Tra (menit)	Trk (menit)	Dh (cm)	Tha (menit)	Thk (menit)
DP1	2.617	0,67	1,1	1,1	587	0,2	0,1
DP2	2.550	0,69	1,1	1,1	352	0,1	0,1
DP3	2.498	0,71	1,2	1,2	77	0,0	0,0
DP4	2.478	0,73	1,2	1,2	241	0,1	0,0
DP5	2.482	0,75	1,2	1,2	475	0,2	0,1
DP6	2.535	0,78	1,3	1,3	743	0,3	0,1
DP7	2.620	0,82	1,4	1,4	1.041	0,4	0,2
DP8	2.709	0,86	1,4	1,4	1.264	0,5	0,3
DP9	2.835	0,91	1,5	1,5	1.522	0,6	0,3
DP10	3.680	1,40	2,3	2,3	1.900	0,8	0,4
DP11	3.887	1,51	2,5	2,5	1.822	0,7	0,4
DP12	4.230	1,67	2,8	2,8	1.644	0,7	0,3
DP13	4.455	1,76	2,9	2,9	1.505	0,6	0,3
DP14	4.736	1,85	3,1	3,1	1.312	0,5	0,3
DP15	5.083	1,95	3,2	3,2	1.051	0,4	0,2
DP16	5.341	2,01	3,3	3,3	844	0,3	0,2
DP17	5.684	2,07	3,5	3,5	556	0,2	0,1
DP18	5.916	2,11	3,5	3,5	355	0,1	0,1
DP19	6.198	2,15	3,6	3,6	107	0,0	0,0
DP20	6.541	2,19	3,7	3,7	203	0,1	0,0
DP21	1.413	0,36	0,6	0,6	391	0,2	0,1
DP22	1.304	0,36	0,6	0,6	150	0,1	0,0
DP23	1.226	0,35	0,6	0,6	131	0,1	0,0
DP24	1.208	0,34	0,6	0,6	376	0,2	0,1
DP25	1.239	0,33	0,6	0,6	615	0,2	0,1
DP26	1.335	0,32	0,5	0,5	896	0,4	0,2
DP27	1.512	0,30	0,5	0,5	1.241	0,5	0,2
DP28	1.668	0,28	0,5	0,5	1.480	0,6	0,3
DP29	2.006	0,39	0,7	0,7	1.740	0,7	0,3
DP30	2.062	0,23	0,4	0,4	1.990	0,8	0,4
DP31	2.262	0,19	0,3	0,3	2.224	0,9	0,4
DP32	2.505	0,12	0,2	0,2	2.494	1,0	0,5
DP33	3.122	0,19	0,3	0,3	3.113	1,2	0,6
DP34	3.373	0,82	1,4	1,4	3.267	1,3	0,7
DP35	3.685	1,79	3,0	3,0	3.169	1,3	0,6
DP36	3.892	2,08	3,5	3,5	2.993	1,2	0,6
DP37	4.154	2,25	3,8	3,8	2.739	1,1	0,5
DP38	4.476	2,36	3,9	3,9	2.412	1,0	0,5
DP39	4.689	2,40	4,0	4,0	2.194	0,9	0,4
DP40	4.957	2,44	4,1	4,1	1.918	0,8	0,4
DP41	5.286	2,47	4,1	4,1	1.579	0,6	0,3
DP42	5.545	2,49	4,1	4,1	1.313	0,5	0,3
DP43	5.877	2,51	4,2	4,2	972	0,4	0,2
DP44	6.087	2,51	4,2	4,2	756	0,3	0,2
DP45	6.361	2,52	4,2	4,2	475	0,2	0,1
DP46	6.695	2,53	4,2	4,2	133	0,1	0,0
		∑ Tr =	100,9	100,9	∑ Th =	23,3	11,7

- Perhitungan Waktu Siklus

Waktu ikat rata-rata (Ti) = 1,2 menit

Waktu lepas rata-rata (Tl) = 2,4 menit

Jumlah Dinding *precast*/lantai (nDP) = 46 buah

Contoh perhitungan tujuan lantai 1:

Ta = T (angkut) = (nDP x Σ Tva) + Σ Tra + Σ Tha

= 138,3 menit

Tk = T (kembali) = (nDP x Σ Tvk) + Σ Trk + Σ Thk

= 121,9 menit

Ttotal = Ta + Tk + (Ti + Tk) x nDP

= 138,3 + 121,9 + (1,2 + 2,4) x 46 = 422,7 menit

Perhitungan untuk tujuan lantai yang lain dibuat dalam bentuk tabel (Tabel 4.22)

Tabel 4.22. Waktu Siklus Pengangkatan Dinding *Precast*

Tujuan Lantai	Elevasi (m)	Ta (menit)	Tk (menit)	Ttotal (menit)
1	5,70	138,3	121,9	422,7
2	8,70	141,7	124,2	428,5
3	11,70	145,2	126,5	434,2
4	14,70	148,6	128,8	440,0
5	17,70	152,1	131,1	445,7
6	20,70	155,5	133,4	451,5
7	23,70	159,0	135,7	457,2
8	26,70	162,4	138,0	463,0
9	29,70	165,9	140,3	468,7
10	32,70	169,3	142,6	474,5
11	35,70	172,8	144,9	480,2
12	38,70	176,2	147,2	486,0
13	41,70	179,7	149,5	491,7
14	44,70	183,1	151,8	497,5
15	47,70	186,6	154,1	503,2
16	50,70	190,0	156,4	509,0
17	53,70	193,5	158,7	514,7
18	56,70	196,9	161,0	520,5
19	59,70	200,4	163,3	526,2
20	62,70	203,8	165,6	532,0
21	65,70	207,3	167,9	537,7
22	68,70	210,7	170,2	543,5
23	71,70	214,2	172,5	549,2
24	74,70	217,6	174,8	555,0
25	77,90	221,3	177,3	561,1
26	81,10	225,0	179,7	567,2
27	84,30	228,7	182,2	573,4
28	87,50	232,3	184,6	579,5
Total waktu penggunaan TC =				14.013,3

4.6.6. Rekapitulasi Waktu Siklus Penggunaan TC

Setelah mendapatkan durasi penggunaan TC untuk setiap aktivitas yang ditinjau, durasi-durasi tersebut dijumlah untuk mendapatkan durasi total penggunaan TC dengan memperhitungkan faktor kondisi *management* dan kondisi pekerjaan, kemudian dibagi dengan durasi pamasangan – pembongkaran TC untuk mendapatkan efektivitas penggunaan TC (Tabel 4.23).

Tabel 4.23 Rekapitulasi Waktu Siklus Penggunaan TC

Jam kerja/hari = 22 jam

Pekerjaan	**T total (menit)**	**T total (jam)**
Tulangan Kolom	7.712,8	128,5
Tulangan Shearwall	6.703,6	111,7
Tulangan Corewall	3.187,2	53,1
Tulangan Balok	7.840,5	130,7
Tulangan Plat	5.227,0	87,1
Table Form	14.356,2	239,3
Bekisting Kolom	4.894,9	81,6
Bekisting Shearwall	4.662,9	77,7
Bekisting Corewall	2303,1	38,4
Pengecoran Kolom	12.351,2	205,9
Pengecoran Shearwall	31.079,8	518,0
Pengecoran Corewall	14.448,2	240,8
Dinding Precast	14.013,3	233,6
Total durasi	**128.780,7**	**2.146,3**
	durasi (hari)	**97,4**

Faktor kondisi *management* = excelent

Faktor kondisi pekerjaan = excelent

Faktor *management* – pekerjaan = 0.84

Total durasi = 97,4 / 0.84 = 116 hari

Tanggal pemasangan TC = 10 Februari 2007

Tanggal pembongkaran TC = 9 September 2007

Durasi pemasangan – pembongkaran = 210 hari

$$\text{Efektivitas} = \frac{116}{210} \times 100\% = 55{,}3\ \%.$$

Hasil rekapitulasi waktu siklus penggunaan TC dapat dilihat pada Lampiran 9.